

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERIA

PRINCIPIOS Y RECOMENDACIONES PARA LA APLICACION DE
ADHESIVOS DE POLIURETANO BASE SOLVENTE SOBRE SUELAS
SINTETICAS, UTILIZADAS EN LA FABRICACION DE CALZADO
GUATEMALTECO

TESIS

PRESENTADA A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERIA

POR

ANA ROXANDA REICHE JUAREZ

AL CONFERIRLE EL TITULO DE

INGENIERA QUIMICA

GUATEMALA, SEPTIEMBRE 1, 1996

PROPIEDAD DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
BIBLIOTECA CENTRAL

08
T(3851)
CA

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

Cumpliendo con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de tesis

titulado :

PRINCIPIOS Y RECOMENDACIONES PARA LA APLICACION DE
ADHESIVOS DE POLIURETANO BASE SOLVENTE SOBRE SUELAS
SINTETICAS, UTILIZADAS EN LA FABRICACION DE CALZADO
GUATEMALTECO

tema que me fuera asignado por la Dirección de Escuela de

Ingeniería Química

Ana Roxanda Reiche Juárez

Guatemala, septiembre de 1,996

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERIA

MIEMBROS DE LA JUNTA DIRECTIVA

DECANO : ING. JULIO ISMAEL GONZALEZ PODSZUECK
VOCAL 1o : ING. MIGUEL ANGEL SANCHEZ GUERRA
VOCAL 2o : ING. JACK DOUGLAS IBARRA SOLORZANO
VOCAL 3o : ING. JUAN ADOLFO ECHEVERRIA MENDEZ
VOCAL 4o : BR. FERNANDO WALDEMAR DE LEON CONTRERAS
VOCAL 5o : BR. PEDRO IGNACIO ESCALANTE PASTOR
SECRETARIO : ING. FRANCISCO JAVIER GONZALEZ LOPEZ

TRIBUNAL QUE PRACTICO EL EXAMEN

GENERAL PRIVADO

DECANO : ING. JORGE MARIO MORALES GONZALEZ
EXAMINADOR : ING. CESAR ALFONSO GARCIA
EXAMINADOR : ING. ALBERTO RODAS MALTEZ
EXAMINADOR : ING. ROSA MARIA GIRON
SECRETARIO : ING. EDGAR JOSE A. BRAVATTI CASTRO

Guatemala, 30 de julio de 1,996

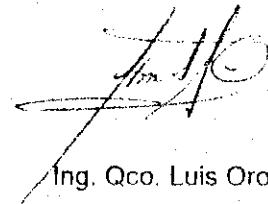
Dr. Adolfo Gramajo
Director de Escuela de Ingeniería Química
Universidad de San Carlos de Guatemala.

Estimado Dr. Gramajo:

Por este medio me complace saludarle, al mismo tiempo notificarle que he revisado el trabajo de informe final de tesis de la estudiante **Ana Roxanda Reiche Juárez**.

Una vez realizada la revisión y participado como asesor, he encontrado el trabajo satisfactorio para su aprobación y por lo tanto sugiero se autorice la misma, sin otro particular se despide,

Atentamente,



Ing. Qco. Luis Orozco



FACULTAD DE INGENIERIA

Escuelas de Ingeniería Civil, Ingeniería
Mecánica Industrial, Ingeniería Química,
Ingeniería Mecánica Eléctrica, Técnica
y Regional de Post-grado de Ingeniería
Sanitaria.

Ciudad Universitaria, zona 12
Guatemala, Centroamérica

Ref. WGAM.006.96

Guatemala, 12 de agosto de 1996

Doctor
Adolfo N. Gramajo Antonio
Director
Escuela Ingeniería Química
Presente.

Estimado Doctor Gramajo:

Por este medio me dirijo a usted para comunicarle que he revisado el informe final de tesis de la estudiante ANA ROXANDA REICHE JUAREZ, quien realizó el trabajo titulado "PRINCIPIOS Y RECOMENDACIONES PARA LA APLICACION DE ADHESIVOS DE POLIURETANO BASE SOLVENTE SOBRE SUELAS SINTETICAS, UTILIZADAS EN LA FABRICACION DE CALZADO GUATEMALTECO", el cual fue asesorado por el Ing. Luis Orozco.

Al respecto, me permito informarle que después de haber terminado la revisión del mencionado informe y de haberle hecho las correcciones pertinentes, considero que llena los requisitos para ser aprobada por parte de la Escuela como trabajo de tesis, por lo cual se lo remito y lo pongo a su consideración.

Agradeciendo la atención a la presente, le saluda respetuosamente,

"ID Y ENSEÑAD A TODOS"

M. en Ing. Williams G. Alvarez Mejia
Profesor Titular IV
Area de Operaciones Unitarias



FACULTAD DE INGENIERIA

Escuelas de Ingeniería Civil, Ingeniería
Mecánica Industrial, Ingeniería Química,
Ingeniería Mecánica Eléctrica, Técnica
y Regional de Post-grado de Ingeniería
Sanitaria.

Ciudad Universitaria, zona 12
Guatemala, Centroamérica

El Director de la Escuela de Ingeniería Química, después de conocer el dictamen del Asesor con el Visto Bueno del Jefe de Departamento, al trabajo de del estudiante, Ana Roxanda Reiche Juárez, titulado: **PRINCIPIOS Y RECOMENDACIONES PARA LA APLICACION DE ADHESIVOS DE POLIURETANO BASE SOLVENTE SOBRE SUELAS SINTETICAS, UTILIZADAS EN LA FABRICACION DE CALZADO GUATEMALTECO** , procede a la autorización del mismo.


Dr. Adolfo Gramajo
DIRECTOR
ESCUELA INGENIERIA QUIMICA



Guatemala, 2 de septiembre de 1,996.



FACULTAD DE INGENIERIA

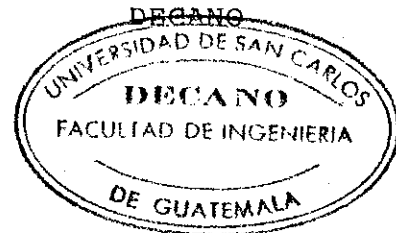
Escuelas de Ingeniería Civil, Ingeniería
Mecánica Industrial, Ingeniería Química,
Ingeniería Mecánica Eléctrica, Técnica
y Regional de Post-grado de Ingeniería
Sanitaria.

Ciudad Universitaria, zona 12
Guatemala, Centroamérica

El Decano de la Facultad de Ingeniería, luego de conocer la autorización por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Química, al trabajo de tesis de la estudiante, Ana Roxanda Reiche Juárez, titulado: **PRINCIPIOS Y RECOMENDACIONES PARA LA APLICACION DE ADHESIVOS DE POLIURETANO BASE SOLVENTE SOBRE SUELAS SINTETICAS, UTILIZADAS EN LA FABRICACION DE CALZADO GUATEMALTECO**, procede a la autorización del mismo.

IMPRIMASE:

Ing. Julio Ismael González Podszueck



Guatemala, 2 de septiembre de 1,996

Dedicatoria.

A Dios.

Por permitirme alcanzar todas mis metas.

A mis padres.

A mis abuelitos.

A mis hermanos.

A mi esposo.

Por su apoyo y amor incondicional.

A la familia y amigos.

Con mucho cariño.

Índice

<i>Descripción</i>	<i>Página</i>
Glosario.	1
Sumario.	4
Introducción.	5
1o. Adhesivos.	7
1. Definición.	
1.2 Fenómeno de la adhesión.	
1.3 Clasificación.	
1.3.1 Adhesivos base acuosa.	
1.3.2 Adhesivos base solvente.	
1.3.3 Adhesivos sólidos.	
1.4 Propiedades de los adhesivo (factores de control de calidad).	
1.4.1 Viscosidad.	
1.4.2 Tiempo de secado.	
1.4.3 Tiempo abierto.	
1.4.4 Contenido de sólidos.	
1.4.5 Resistencia al desgarre.	
1.4.6 Pegajosidad "tack".	
2o. Polímeros.	14
2.1 Definición.	
2.2 Algunos polímeros usados en adhesivos.	
2.2.1 Composición química.	
2.2.2 Propiedades.	
3o. Suelas y polímeros para la industria de calzado.	16
3.1 Generalidades.	
3.2 Suelas de hule prensado.	

- 3.2.1 Tipos de suelas de hule prensado.
- 3.3 Suelas de etil vinil acetato (EVA).
- 3.4 Suelas de hule termoplástico (TR).
- 3.5 Suelas de policloruro de vinilo (PVC).
- 3.6 Suelas de poliuretano (PU).

4o. Adhesivos de poliuretano.

22

- 4.1 Definición.
- 4.2 Tipos de adhesivos de poliuretano.
- 4.3 Comparación con adhesivos de policloropreno.
- 4.4 Cuidados requeridos en su manejo y almacenamiento.

5o. Aplicación de adhesivos de poliuretano base solvente sobre suelas sintéticas.

25

- 5.1 Recomendaciones generales.
- 5.2 Preparación de superficies.
 - 5.2.1 Preparación química.
 - 5.2.2 Preparación mecánica.
- 5.3 Aplicación del adhesivo.
- 5.4 Secado del adhesivo.
 - 5.4.1 Adhesivos de secado lento.
 - 5.4.2 Adhesivos de secado rápido.
- 5.5 Tiempo abierto.
- 5.6 Reactivación.
- 5.7 Fijación.
- 5.8 Prensado.
 - 5.8.1 Cantidad de presión.
 - 5.8.2 Tiempo de presión.
 - 5.8.3 Distribución de la presión.
- 5.9 Operaciones finales.

6o. Problemas de adhesión.	33
6.1 Adhesión insuficiente del corte.	
6.2 Adhesión insuficiente de la suela.	
6.3 Adhesión insuficiente de las películas de adhesivo.	
6.4 Ruptura de la cohesión de las películas del adhesivo.	
6.5 Delaminación o rompimiento de las fibras del corte.	
6.6 Delaminación o rompimiento de las fibras de la suela.	
7o. Sustratos en donde el adhesivo de poliuretano puede ser utilizado satisfactoriamente y su proceso de aplicación.	36
7.1 Sustratos recomendados.	
7.2 Pretratamiento y aplicación recomendada.	
Conclusiones.	37
Recomendaciones.	38
Anexos (tablas).	39
Bibliografía.	44

Glosario

Abrasión: acción y efecto de desgastar por fricción.

Adherencia: estado en el cual dos superficies se mantienen unidas por la acción de fuerzas interfaciales.

Adherente: cuerpo sobre el cual se aplica adhesivo para unirlo a otro cuerpo; se le llama también sustrato.

Adhesión: estado en el cual dos superficies se mantienen unidas por acción química, acción física o ambas, por la adición de un adhesivo.

Adhesivo: sustancia capaz de unir materiales por enlace superficial.

Adsorción: proceso por el cual las moléculas de una sustancia quedan retenidas en la superficie de un sólido.

Compatible: que tiene aptitud para mezclarse o unirse con otro elemento diferente a él.

Cohesión: estado en el cual las partículas del adhesivo o adherente se unen entre sí.

Desmoldante: sustancia de origen químico que se utiliza para sacar del molde piezas sólidos.

Diluyente: ingrediente utilizado para reducir la concentración de un adhesivo.

Dispersión: proceso por el cual se preparan emulsiones y consiste básicamente en romper partículas grandes hasta un tamaño minúsculo, denominado coloidal.

Distorsión: tergiversar uso, aplicación o compatibilidad del adhesivo.

Emulsión: sistema de solución no verdadera (coloide) en donde un líquido se dispersa en otro y ambos son inmiscibles entre sí. Para mantener la estabilidad en este sistema, se requiere de un agente denominado emulsionante.

Enzima: proteína que actúa como catalizador bioquímico.

Esfuerzo: empleo enérgico de la fuerza física, del vigor o actividad del ánimo.

Esfuerzos cortantes: son provocados por el choque de un fluido en paredes sólidas estacionarias.

Enlaces de Van der Waals: fuerzas intermoleculares que mantienen unidas a moléculas sin carga eléctrica.

Fase: cada uno de los distintos estados sucesivos de un fenómeno, teoría, doctrina, etc.

Fluido Newtoniano: fluido en el cual el gradiente de velocidad es proporcional al esfuerzo cortante que se le aplique.

Fuerza de adhesión: unidad que muestra la fuerza de compresión, tensión, impacto o corte que se requiere para separar dos superficies unidas por un adhesivo; se le llama también adherencia.

Grados Centígrados: escala que representa la temperatura de una sustancia. Divide la escala en 100 partes.

Humectación: acción de humedecer o mojar ligeramente algo.

Interacción: acción que se ejerce recíprocamente entre dos o más objetos, agentes, fuerzas, funciones, etc.

Molécula: partícula más pequeña de un elemento o compuesto que pueda existir bajo condiciones ordinarias, y que conserve aún las propiedades químicas del elemento o compuesto.

Oxidación: se aplica a toda reacción química que implica una disminución de electrones, aunque el agente causante no sea el oxígeno.

Película: piel delgada y delicada que se forma cuando el adhesivo se seca sobre la superficie del sustrato.

Polaridad: tendencia de una molécula a ser repelida o atraída por cargas eléctricas.

Porosidad: la habilidad de un adherente a absorber un adhesivo.

Pot life: término en inglés que describe el tiempo de vida de un adhesivo, durante el cual se encuentra en óptimas condiciones de uso.

Primer: término en inglés que describe a un recubrimiento que se aplica al adherente antes del adhesivo, con el objeto de aumentar o hacer más durable la adhesión.

Propiedades físicas: son propiedades tales como el tamaño, forma y peso, que dependen únicamente de la parte de la sustancia que observamos.

Sumario

Se realizó una investigación bibliográfica sobre temas relacionados con adhesivos, adhesividad y aplicaciones de los mismos; se hizo énfasis en aquellos orientados al área de calzado formulados con resinas de poliuretano .

Dichos temas se ordenaron y orientaron para ser comprendidos por fabricantes de calzado que utilizan este adhesivo en sus líneas de producción, conocido comúnmente en Guatemala como "pegamento blanco".

También se investigaron temas sobre tipos y fórmulas de suelas sintéticas que pueden ayudar al fabricante de calzado a seleccionar la que más se adecue a sus proceso de producción, equipo de fabricación y sobre todo el estilo de calzado al que desea orientar su mercado.

De acuerdo con la experiencia personal en cuanto a aplicaciones de este tipo de adhesivo y comprobándola en la bibliografía existente, se presenta una guía de aplicación de adhesivos recomendando pre-tratamientos de suelas y capelladas o cortes.

Introducción.

El arte del calzado remota de miles de años atrás, tal como es mostrado en muchas pinturas rupestres, luego fue perfeccionándose hasta convertirse en un oficio altamente artístico en las épocas subsiguientes. (2, pag. 1)

La industria moderna ha hecho que la fabricación de calzado sea masiva y que los procesos lentos que tiene este proceso, como la confección de las costuras, sean sustituidos por procesos de ensamble menos costosos y rápidos. Para este proceso, la industria se sirvió del adhesivo para unir la suela al corte de zapato.

Como todo proceso, en un principio esta forma de unión no fue satisfactoria. Los primeros adhesivos que tuvieron acogida en el pegado de las suelas y en la confección del zapato fueron los fabricados a base de nitrocelulosa (2, pag. 1).

Guatemala es un país fabricante de calzado, para consumo interno y en menor porcentaje para exportación. El avance de esta industria en el mercado guatemalteco y su enfoque hacia la exportación es prometedor; la calidad que se ofrezca en el calzado al consumidor final será la pauta de este crecimiento. El fabricante de calzado sabe que este nivel de calidad se alcanza con un buen diseño, una forma atractiva, un precio competitivo y un tiempo de vida prolongado. Este trabajo de tesis pretende dar a conocer el uso correcto de adhesivos de poliuretano base solvente, que se utilizan en la fabricación de calzado en los cuales el corte, la suela o ambos son hechos con materiales sintéticos. La adhesión correcta de la suela al corte, pasa a ser un término muy importante en lograr la calidad deseada; todos los factores que influyen en este proceso deben de ser tomados en cuenta, y pueden resumirse en:

- La calidad de los materiales de fabricación, o sea todo lo referente a la resistencia y adhesividad, tanto de la suela como del material de corte.
- La calidad del adhesivo, en lo que se refiere a la materia prima utilizada y al proceso de elaboración.
- La preparación de las superficies que se van a adherir.
- El manejo del adhesivo.

Los fabricantes de calzado en Guatemala, conocen algunas técnicas de aplicación recomendadas por los suplidores de adhesivos o suelas, y otras veces conocidas a través de su experiencia. El objetivo de este trabajo puede resumirse como un estudio práctico que pretende dar a conocer los procesos adecuados para adherir las suelas sintéticas con el adhesivo de poliuretano base solvente, de tal manera que la calidad de la unión no sea cuestionable, y con el fin de ayudar a aquel fabricante de calzado que encuentre problemas de adhesión en sus procesos o no obtenga la calidad que desea.

Para llegar a cumplir este objetivo, es necesario dar a conocer los conceptos y principios básicos de la adhesión, ya que son la base para entender los fenómenos que ocurren cuando dos sustratos son adheridos. Se dará una clasificación de los adhesivos, el uso que se les da en Guatemala y los análisis de control de calidad que deben efectuarse en ellos.

Se describirán las características principales de las suelas sintéticas usadas generalmente en el calzado guatemalteco.

Se mostrará la estructura química del adhesivo de poliuretano conocido en el mercado de calzado guatemalteco "**pegamento blanco**", así como los tipos que existen y las precauciones que se deben de tener en su manejo.

Al finalizar, se recomendarán métodos de pretratamiento de suelas, la aplicación correcta del adhesivo, el tiempo de secado recomendado, la temperatura y el tiempo de reactivación necesario, la cantidad de presión requerida y los métodos de prueba de la calidad de la unión adhesiva.

La amplitud de estos conceptos y el avance tecnológico que se registra permite que este tema sobre adhesivos de poliuretano, suelas sintéticas y en general fabricación de calzado, sean el inicio de un estudio que personas interesadas en este tema, puedan profundizarlo con el objeto de ayudar a los fabricantes de calzado guatemaltecos a elevar la calidad de sus productos. Debe tomarse en cuenta que ya existe la tecnología de adhesivos para calzado base acuosa, y que en un futuro muy cercano Guatemala tenga también la oportunidad de utilizarlos. La aplicación de adhesivos base acuosa para calzado es similar a la aplicación de adhesivos base solvente; las ventajas de estos productos son innumerables como el hecho de no ser tóxicos al humano, de no contaminar el ambiente de trabajo, y que el almacenamiento requiere de menos cuidados, etc.

Se hace necesario mencionar que, adscrita a la Cámara de Industria de Guatemala, existe una extensión para fabricantes de calzado, a través de la cual puede hacerse llegar todo estudio que se relacione con este tema.

1o. Adhesivos.

1.1. Definición.

Un adhesivo es una sustancia capaz de mantener unidos a dos materiales por unión superficial. Esta capacidad, sin embargo, no es una propiedad intrínseca de la sustancia; se desarrolla únicamente bajo ciertas condiciones mientras existe interacción con un sustrato. (3, pp. 22-23)

La adhesión de dos sustratos, ya sea de iguales características o no, depende de la adherencia. En fisicoquímica se llama adherencia a la fuerza entre una superficie sólida y una segunda fase (ref. 3, pp. 22). Esta segunda fase puede ser de partículas individuales, moléculas, una película continua que puede ser líquida o sólida. En la tecnología de adhesivos, se llama adherencia únicamente a la interacción entre una superficie sólida y una segunda fase también sólida. El proceso técnico que supone producir adherencia entre dos sólidos se llama unión adhesiva.

1.2. Fenómeno de la adhesión.

Existen teorías que explican el fenómeno de la adhesión; la teoría de adhesión mecánica se basa en que observada con gran aumento; la superficie de los sólidos planos es rugosa. Esta rugosidad permite que al unir dos sólidos a adherir o sustratos, quede entre ellos un espacio. Este espacio será ocupado por el adhesivo y luego de que el mismo se haya transformado en sólido, ya sea por un proceso químico irreversible o un proceso físico reversible, se logrará la unión deseada.

La teoría de la adhesión por adsorción establece que la adhesión es el resultado de un contacto molecular entre dos materiales y las fuerzas superficiales que se desenvuelven. (4, pp. 113)

El contacto molecular es el resultado de la humectación de los sustratos por el adhesivo.

Por ejemplo :

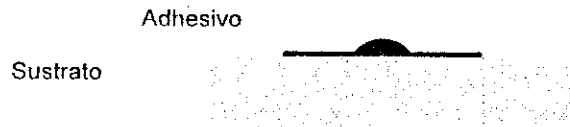
a. Si la tensión superficial del adhesivo es elevada e igual la del sustrato, se obtendrá una pésima humectación, y no habrá adhesión:



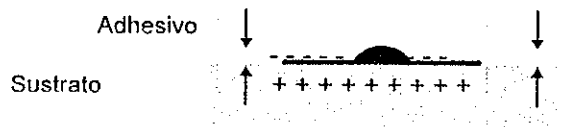
b. Si la tensión superficial es alta pero menor a la del sustrato, se obtendrá una humectación regular y una mala adhesión:



c. Si la tensión superficial del adhesivo es mínima y la del sustrato es elevada, la humectación será ideal y la adhesión óptima:



En esta teoría, las fuerzas superficiales son ejercidas por enlaces de Van der Waals, mientras que la teoría de adhesión electrostática se basa en las polaridades opuestas que se desarrollan en la interfase adhesivo sustrato. La adhesión queda representada por:



Generalmente el diseño de la unión se realiza con base a su experiencia con el adhesivo y los sustratos en juego, enfocada al mismo objetivo: que el adhesivo presente el máximo beneficio; por ello todo diseño de unión se debe basar en las siguientes cualidades:

1. Asegurar una distribución uniforme de los esfuerzos en todo el área de contacto
2. Reducir al mínimo las concentraciones de esfuerzos sobre los extremos de la línea de adhesivo.

1.3. Clasificación.

Existen varias formas de clasificar adhesivos: por sus propiedades reológicas, por las características de su elaboración (5, pp. 26) y otras de menor importancia. En este estudio, se clasificarán de acuerdo con su apariencia física y medio de dilución.

1.3.1 Adhesivos base acuosa.

Estos adhesivos pueden ser emulsiones acuosas, dispersiones en fase líquida o líquidos polimerizables. En el mercado guatemalteco, se consumen en mayor cantidad los adhesivos de emulsiones acuosas, que pueden ser polímeros de acetato de polivinilo (PVA) y polímeros de etil vinil acetato (EVA). La viscosidad de estos adhesivos puede ser controlada fácilmente por la adición de agua, lo que permite una variedad de formulaciones. Estos adhesivos funcionan muy bien cuando los sustratos que se van a adherir son muy porosos, lo que permite una rápida evaporación de agua y el adhesivo llega a ocupar las cavidades entre las superficies.

Dentro de esta clasificación, podrían incluirse a los adhesivos que contienen una base natural como almidones y dextrinas. Los adhesivos de almidón pueden ser logrados a través de una conversión por medio de enzimas o por medio de ácidos.

Los adhesivos base acuosa se encuentran presentes en la mayoría de las industrias guatemaltecas, por ejemplo, se utilizan en procesos de etiquetado, cerrado y construcción de cajas (corrugado), elaboración de bolsas y sobres (conversión de papel), fabricación de cigarrillos, fabricación de muebles de madera y por supuesto son utilizados por la población estudiantil en la elaboración de trabajos que requieren de algún tipo de adhesión.

1.3.2 Adhesivos base solvente.

Este tipo de adhesivos contiene, en su formulación, solventes orgánicos y/o inorgánicos como: hexano, acetona, metil etil cetona, tolueno, alcohol isopropílico, xileno, acetato de etilo, azotolueno, ciclohexanonas, isopropanol y pueden aparecer uno o más a la vez, dependiendo del uso y características del adhesivo. Son adhesivos que generalmente se usan en la industria de calzado y madera. Los más importantes en el mercado guatemalteco son los que contienen resinas de policloropreno (neoprenos) o resinas de poliuretano (que se describirán más adelante).

1.3.3 Adhesivos sólidos.

Se encuentran como polvo, películas o cintas; aquí también se podrían clasificar los adhesivos denominados Hot Melt o colas calientes, que se encuentran en estado sólido a temperatura ambiente y desarrollan sus características adhesivas cuando se funden con calor. En la actualidad, han abarcado un mercado muy grande, en Guatemala y se usan para el cerrado de cajas, construcción de pañales desechables de bebe, toallas sanitarias femeninas, encuadernación, etc. La tendencia a utilizar este tipo de adhesivos es cada vez mayor, sin embargo, tienen como desventaja que son aplicados con maquinaria específica; su mayor ventaja es ser 100% sólido, ya que no emiten solventes tóxicos y son de fácil almacenamiento.

1.4. Propiedades de los adhesivos: factores de Control de Calidad.

1.4.1 Viscosidad.

Un fluido es una sustancia que no se resiste permanentemente a la distorsión. Cuando la forma del fluido se intenta variar, las capas de este se deslizan unas sobre otras, y se alcanza una nueva forma. Durante la variación de la forma, se producen esfuerzos cortantes, cuya magnitud depende de la viscosidad del fluido y de la velocidad de deslizamiento de las capas. Cuando el fluido toma su forma final y se encuentra en reposo, no existen esfuerzos cortantes. (3, pp. 31)

Los adhesivos no son simplemente fluidos. En general, están formados por polímeros disueltos en solventes orgánicos o inorgánicos, polvos, y otros componentes que provocan variaciones en las propiedades físicas y químicas de cada tipo de adhesivo. No debe sorprender que un adhesivo no se comporte como un fluido newtoniano (2, pp.92-93). En un fluido newtoniano, la velocidad de deslizamiento de las capas del fluido es directamente proporcional a los esfuerzos cortantes que aparecen ante él. (3, pp. 51)

La viscosidad es la resistencia al corte que presenta todo fluido, dependiente de la temperatura del mismo. En un adhesivo, ésta es una de las propiedades más importantes para su formulación, control de calidad y aplicación.

Los aparatos medidores de la viscosidad son llamados viscosímetros y en el análisis de adhesivos se utilizan los viscosímetros rotacionales, tales como los del tipo Ferranti, Brookfield, Stormer y Dobbie McInnes, que son especiales para el análisis de líquidos no newtonianos. Básicamente consisten en un cilindro exterior que gira a una velocidad constante, y es transmitido el impulso rotativo a través del líquido a un cilindro inerte, que de este modo actúa contra la resistencia de un muelle calibrado. Estos instrumentos son de lectura rápida, y generalmente dan los valores de viscosidad en centipoises (1 centipoise= 100 poises. 1 poise= 1 gramo/centímetro segundo). (5, pp. 543 -544)

1.4.2 Tiempo de secado.

El tiempo de secado en cada tipo de adhesivo es diferente. El método de análisis consiste básicamente en elaborar una película de adhesivo de un grosor conocido sobre una plancha de vidrio; el tiempo que se requiere para evaporar todo el solvente de la película del adhesivo se denomina tiempo de secado. El tiempo de secado depende del grosor de la película, del tipo de solvente que el adhesivo contenga, de la humedad ambiental y de las corrientes de aire que intervengan en el secado, que deben ser de tipo natural y no forzadas.

El tiempo necesario para que una unión de sustratos quede totalmente adherida se denomina tiempo de curado, y puede estar relacionado con el tiempo de secado del adhesivo y con la estructura de los sustratos.

Sí los sustratos son materiales porosos, que permiten la evaporación de los solventes del adhesivo, entonces el tiempo de secado del adhesivo puede ser similar al tiempo de curado de la unión de los sustratos. De otra manera, sí los

substratos no son porosos, el tiempo de curado de la unión y el tiempo de secado del adhesivo no se relacionan.

1.4.3 Tiempo abierto.

El tiempo abierto de un adhesivo se define como el periodo de tiempo en el cual es posible efectuar la adhesión de dos materiales. El fin de este período está dado por el tiempo de secado.

Cuando un adhesivo ya ha secado, es posible regresarlo a su tiempo abierto, por medio de calor. Este método es conocido como reactivación del adhesivo.

1.4.4 Contenido de sólidos.

El contenido de sólidos de un adhesivo se define como la cantidad de materiales no volátiles que se encuentran dentro de él, y se expresa en forma de porcentaje.

Este es un dato muy importante para el formular de adhesivos y para el usuario de los mismos, ya que este porcentaje determina la capacidad de humectación y de adhesión que posee el adhesivo.

1.4.5 Resistencia al desgarre.

La resistencia al desgarre se define como el esfuerzo necesario que se debe aplicar a dos materiales adheridos para lograr su desgarre o despegue total.

La resistencia al desgarre se practica en materiales flexibles, tales como adhesiones de papel, tela tela, cuero cuero, suelas flexibles cuero, etc.

Existen tres tipos de resistencia al desgarre, que dependen del tiempo de curado que se le dé a la unión de los substratos:

- Resistencia inicial:* se mide la resistencia de la unión pasado un pequeño intervalo de tiempo después de la adhesión. Por ejemplo, en adhesivos para suelas de zapatos, la resistencia inicial se toma 10 minutos después de la adhesión.
- Resistencia final:* se mide la resistencia de la unión cuando el tiempo de curado se ha alcanzado. En adhesivos para suelas de zapatos, se recomienda un tiempo de curado de 72 hrs. para realizar esta prueba de resistencia.
- Resistencia después del envejecimiento:* el envejecimiento de una unión de substratos, se realiza aplicándole a la misma condiciones ambientales de frío o calor en forma directa y en un periodo de tiempo específico. Pasado este período de envejecimiento de la unión, se procede a determinar su resistencia al desgarre. En adhesivos para suelas de calzado, se aplica calor (350 °F) a la unión por 10 minutos

1.4.6 Pegajosidad "tack".

La pegajosidad o "tack", es una característica que se observa en los adhesivos y en otros fluidos no newtonianos. Puede separarse en dos partes la formación de una unión y su rotura. La pegajosidad se observa presionando ligeramente un material entre "dos placas paralelas", esto es, pulgar e índice. Cuando el material no solamente se pega a la superficie, sino que requiere también una fuerza para efectuar la separación, se dice que es pegajoso.

Debe entonces tomarse en cuenta que la falta de pegajosidad puede tener dos causas completamente diferentes y no relacionadas entre sí: el material puede no pegarse fácilmente o puede no ser capaz de soportar un esfuerzo (ligero). (4, pp. 129)

Dentro de la variedad de adhesivos que existen en el mercado, unos tienen una pegajosidad más fuerte que otros, pero pueden presentar características adhesivas similares. Dependiendo de la forma en que el adhesivo sea aplicado al sustrato, se requerirá de un "tack agresivo" o de un "tack leve".

1.5. Ventajas y desventajas frente a otros tipos de unión.

Es muy difícil determinar cuáles son las ventajas y las desventajas de un producto como el adhesivo, sin embargo, a medida que este producto ha penetrado más en los mercados de consumo, se han podido determinar ciertos parámetros que atienden a la respuesta del adhesivo frente a necesidades actuales, y se resumen como:

1.5.1 Ventajas comunes.

- a. mayor área para soportar tensiones;
- b. resistencia al envejecimiento;
- c. absorbe choques y vibraciones;
- d. minimiza o previene la corrosión galvánica;
- e. posibilidad de unir varias formas y varios espesores;
- f. permite obtener contornos suaves;
- g. actúa como sellador;
- h. puede llegar a permitir la adhesión de cualquier combinación de materiales;
- i. regularmente es más económico y rápido que la unión o fusión mecánica;
- j. regularmente no requiere calor para su aplicación, o requiere poco, por lo que no daña partes metálicas;
- k. permite un equilibrio mecánico entre resistencia y peso;
- l. es un producto manuable que logra altos rendimientos en su producción y uso.

(4, pp. 116)

1.5.2 Desventajas comunes.

- a. las superficies a adherir deben de ser limpiadas minuciosamente;
- b. puede requerir de largos tiempos de curación;
- c. existe limitación para la temperatura de aplicación generalmente el rango óptimo es de 50 a 180 °C;
- d. calor y presión pueden ser necesarios en la fusión del adhesivo a los substratos;
- e. rígido control del proceso de adhesión;
- f. la inspección de la junta o unión acabada es muy difícil;
- g. estabilidad de temperatura y humedad en el ambiente de trabajo para efectuar la adhesión.

(4. pp. 117)

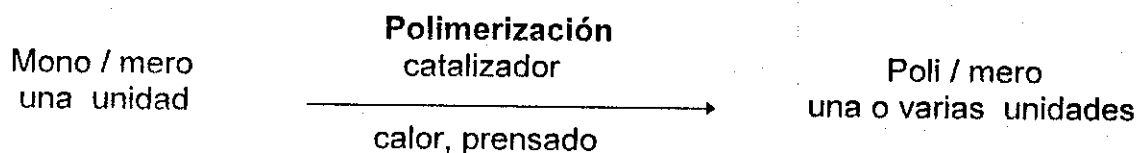
2o. Polímeros.

2.1. Definición.

Es muy importante tratar sobre el tema "polímeros", ya que son parte de la gran mayoría de compuestos sintéticos que existen en la actualidad. En este capítulo sólo serán vistos aquellos que formen parte de los componentes del calzado.

Un polímero es un material compuesto por unidades relativamente simples, llamadas monómeros, que se repiten varias veces. Los polímeros son moléculas de grandes dimensiones, formadas por uniones de varias moléculas pequeñas, unidas unas con otras. La reacción química entre las moléculas simples de uno o más monómeros que se unen a otras moléculas simples por medio de enlaces, y que forman un polímero o polímeros se llama polimerización. (4, pp. 2-3)

Resumiendo:



2.2. Polímeros usados en adhesivos.

2.2.1 Composición Química.

En la tabla #0 se nombra al monómero formador del polímero, y se desglosan las estructuras químicas de ambos.

2.2.2 Propiedades.

En la tabla #1, se muestran las principales características de varios polímeros usados normalmente en adhesivos.

Leyendo cuidadosamente las propiedades que se mencionan, se puede esclarecer el por qué ciertos polímeros pueden ser utilizados en determinadas aplicaciones de adhesivos.

Por ejemplo, un adhesivo que se utiliza en adhesión de suelas debe poseer óptima resistencia a la tracción, al calor, al frío, al agua y a la intemperie. Además de que su proceso de aplicación debe de ser compatible con un proceso

industrial. Observando la tabla, encontramos que un adhesivo formado con polímeros de poliuretano o policloropreno cumple con la mayoría de estos requisitos, por lo que se justifica su uso en uniones que requieran alta resistencia en la formación del calzado.

Por otro lado, si son observadas las propiedades del hule natural o del hule de estireno butadieno SBR, se comprueba que no atiende a todas las exigencias descritas. Por eso estos polímeros pueden ser usados en adhesivos para otros fines, por ejemplo, para la preparación de las costura del zapato o costurado.

3o. Polímeros usados en la fabricación de suelas para calzado.

3.1. Generalidades.

En general en una industria de calzado, se utiliza variedad de materiales sintéticos para la fabricación de componentes de calzado tales como: suelas, tacones, entresuelas, cueros sintéticos, forros, etc.

La suela es la parte más importante del zapato, ya que a ella se adhieren casi todas las partes que lo conforman como son: los tacones, el cuero o piel y la entresuela.

Las suelas que se utilizan en la actualidad son sintéticas y pueden ser fabricadas por varios métodos y tener como componentes a varios polímeros.

Los métodos usuales de fabricación son realizados por medios mecánicos y los más comunes son:

- a. por inyección;
- b. por prensado.

3.2. Suelas de hule prensado.

Como se describió anteriormente, un elastómero es un polímero cuya principal característica es su elasticidad. Un polímero de estas características es llamado generalmente hule. Cuando por el proceso de prensado se polimerizan los polímeros de estireno y butadieno, se obtiene el hule SBR, si en el proceso de polimerización por prensado interviene el nitrógeno, se obtiene el hule nitrilo o NBR.

El fabricante de suelas formula sus suelas de tal manera que el polímero quede envuelto dentro de otros productos químicos. Esto le permite obtener diferentes tipos de suela a partir de un solo tipo de hule, y diferentes calidades que le representan diferencias en costo y tiempo de vida.

Casi todos los productos químicos o materias primas que se usan en la formulación del polímero o hule tienen influencia en la calidad del producto final.

Generalmente la formulación de una suela incluye:

- Polímero o hule.
- Activadores de vulcanización.
- Aceleradores de vulcanización.
- Cargas.
- Plastificantes.
- Agentes de expansión.

- Pigmentos y colorantes.
- Antioxidantes.
- Desodorantes.

Cada una de estas materias primas cumple con una función específica en la formulación de la suela. El hule se utiliza como polímero base debido a sus propiedades de resistencia al desgaste, ruptura y a su elasticidad.

Las cargas se utilizan en una formulación para disminuir y balancear costos. Sin embargo, cuanto mayor sea la cantidad de carga utilizada en la suela, ésta será de menor calidad.

Los plastificantes son productos químicos utilizados para aumentar la flexibilidad de la suela.

Los antioxidantes son productos químicos que protegen a la suela del envejecimiento. Cuando una suela de hule envejece, ocurren rupturas y rajaduras superficiales; esto ocurre cuando se registra un descenso en la flexibilidad del hule. El envejecimiento es básicamente un proceso de oxidación del hule, que ocurre cuando el oxígeno reacciona con el polímero dividiendo sus moléculas.

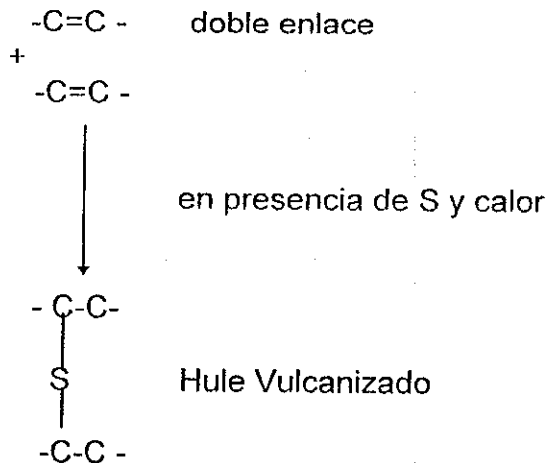
Los agentes de expansión son productos que al agregarse al hule liberan gases a determinada temperatura y se utilizan para obtener acabados microporosos o expandidos.

Los colorantes o pigmentos se agregan a la mezcla para obtener suelas con diferentes colores, y los desodorantes se agregan en pequeñas cantidades para enmascarar el típico olor del hule. Se utilizan, como desodorantes, esencias como óleos o aceites esenciales extraídos de vegetales como el pino y el eucalipto.

Y por último, se tiene a los agentes de vulcanización (aceleradores y activadores) que son utilizados para promover enlaces cruzados de las macromoléculas de hule. El fenómeno de promover enlaces cruzados es conocido como vulcanización y tiene como objetivo transformar un material termoplástico en un material elástico y resistente.

Antes de la vulcanización, sólo se tiene a un polímero mezclado físicamente con las demás materias primas, en forma de macromoléculas separadas unas de otras. La mezcla se caracteriza por su termoplasticidad, ya que presenta características mecánicas pobres frente al calor. Estas macromoléculas deben de formar una estructura reticulada, tridimensional de forma definida y de alta resistencia. Esta unión ocurre por medio de enlaces entrecruzados que se forman en el proceso de vulcanización.

Químicamente, una reacción de vulcanización es la unión del elemento químico azufre (S) con las macromoléculas del hule al mismo tiempo. Esta reacción ocurre generalmente con la presencia de calor y aceleradores de vulcanización y se puede resumir como:



El proceso de convertir un hule en un producto industrial es bastante complejo y generalmente requiere de maquinaria pesada y con gran consumo de energía. Se busca que en la mezcla de componentes de una suela prensada se obtenga:

- Una mezcla homogénea.
- La mezcla debe de adquirir la forma deseada.
- La suela debe de ser perfectamente vulcanizada.

Para la vulcanización de suelas prensadas, se utiliza un equipo que consiste en dos cilindros en serie girando con el mismo sentido de rotación y a la misma velocidad. El espesor del hule se regula al orientar la separación entre los cilindros. Este equipo produce fuerzas de cizallamiento, que junto al calor, consigue mezclar a todas las materias primas y convertir la mezcla física de hule en una suela prensada vulcanizada en su totalidad.

3.2.1 Tipos de suela de hule prensado.

Generalmente existen cuatro tipos de suela de hule vulcanizado por el proceso de prensado, y son:

- Suelas de hule compactas.
- Suelas de hule microporoso.
- Suelas de hule expandido.
- Suelas de hule crepé.

Las suelas de hule compactas son formuladas sin agentes de expansión, por lo tanto deben de presentar poros o burbujas internas. Las mezclas obtenidas

son bastante reforzadas y cargadas producen un compuesto de alta densidad. Estas suelas tienden a ser duras y poco flexibles y suelen utilizarse en calzados de seguridad.

Las suelas de hule microporoso son más livianas que las compactas. Son formuladas con agentes de expansión, y cuando son prensadas sus superficies se tornan lisas y con minúsculos poros internos que son responsables para obtener un compuesto con menor densidad. Por eso tienden a desgastarse mucho más rápido que las suelas compactas.

Las suelas de hule expandido son bastante livianas; el tiempo de desgaste es rápido debido a los grandes poros que se encuentran tanto en el interior como en el exterior de la suela.

Las suelas de hule crepé son producidas a partir de crepé sintético (SBR) o hule natural (crepé natural) y se caracterizan por su gran flexibilidad y su color ámbar o claro. Cuando la suela de crepé está bien formulada, la resistencia de la suela a la abrasión es muy buena; de lo contrario, el tiempo de vida de la misma es corto.

3.3. Suelas de EVA

El EVA es un material termoplástico extremadamente resistente a la intemperie, al oxígeno y al ozono. Esta resistencia se debe a que en el material de EVA es muy baja la probabilidad de que exista una reacción de oxidación.

Por ser un material termoplástico, el EVA puede ser utilizado para la fabricación de láminas expandidas o inyectadas.

Los copolímeros de EVA pueden ser fabricados con diferentes porcentajes del monómero de acetato de vinilo. Para uso en suelas, el EVA debe de contener un alto porcentaje de acetato de vinilo, y se recomiendan porcentajes entre el 15 y 28%.

Como se mencionó; el polímero de EVA es resistente a la intemperie, sin embargo, tiene una baja resistencia frente al calor, al desgaste y a la abrasión. La solución para estas limitaciones es formar un EVA de forma reticulada, y esto se logra por medio de la vulcanización. La diferencia entre la vulcanización de un hule común y un EVA, es que no interviene el azufre como agente vulcanizante sino que intervienen los peróxidos. Los peróxidos son sustancias químicas oxigenadas, altamente activas y que promueven los enlaces cruzados entre las moléculas de EVA.

A través de la reticulación, el EVA se torna más resistente a temperaturas altas y más resistente a la compresión. Estas características se unen a las que originalmente el polímero de EVA ya posee: resistencia a la oxidación, a la intemperie y a la absorción de choques. Es por ello que el EVA, en la actualidad, es ampliamente utilizado en la fabricación de entresuelas para el calzado deportivo y como suela en calzados leves como sandalias.

Para la fabricación del EVA, se utilizan los mismos equipos usados en la fabricación de suelas de hule, y se obtiene el EVA por medio de prensado. También puede fabricarse el polímero de EVA por medio de inyección.

El problema que presenta el polímero de EVA en la industria de calzado, es que no es fácil de adherir por su alta incompatibilidad con la mayoría de adhesivos.

3.4. Suelas de hule termoplástico.

El hule termoplástico es un copolímero formado por moléculas de poliestireno y moléculas de un elastómero, que puede ser butadieno, poliisopreno o el polietileno butileno.

Los bloques de poliestireno, que forman el copolímero, proporcionan las características de rigidez y termoplaticidad al polímero, mientras que los bloques de polibutadieno proporcionan la propiedad elastomérica. Se obtiene un hule termoplástico que se comporta como un hule normal a temperatura ambiente, y a temperaturas entre 140 y 180 °C se torna plástico completamente y facilita su moldadura.

Existen dos tipos de TR: el lineal y el ramificado. En el primero de ellos, los monómeros se colocan en forma horizontal y en secuencia ordenada, mientras que en el segundo los monómeros se pueden colocar en los tres planos siguiendo un mismo orden.

Los hules termoplásticos no necesitan vulcanizarse, ya que el polímero tiene ya propiedades físico mecánicas adecuadas para la elaboración del hule. Generalmente el proceso de fabricación de suelas de TR es por medio de inyección.

Las propiedades físico mecánicas del TR pueden ser mejoradas mediante la incorporación de polímeros, resinas, cargas, plastificantes, estabilizadores y protectores térmicos.

Los polímeros más usados en la composición del TR son el poliestireno cristalizado y el poliestireno modificado, que proporcionan a las suelas mayor capacidad de resistencia a la abrasión, dureza y mejor apariencia.

Los plastificantes ayudan a facilitar el proceso de fabricación del TR.

Las cargas se adicionan para disminuir costos y para mejorar las propiedades físicas del material.

Los estabilizadores protegen al TR del calor que recibe durante el proceso de fabricación y también frente a su uso.

Los protectores térmicos impiden la decoloración del TR en suelas que reciben rayos ultravioletas a través de la luz solar.

Las suelas de TR, fabricadas por medio de inyección, son normalmente moldeadas en presencia de "roba pesos". Los roba pesos son espacios vacíos que se dejan en el interior de la suela, y tiene como finalidad disminuir su peso, mejorar la flexibilidad y reducir costos.

Estos roba pesos pueden contar con pequeñas o grandes dimensiones, y debe de tenerse mucho cuidado con la aplicación del adhesivo y no dejar solventes de limpieza de la suela acumulados en estos espacios, ya que pueden causar problemas futuros.

3.5. Suelas de policlorato de vinilo.

El policloroato de vinilo (PVC), como producto químico, consiste en una sustancia de elevado peso molecular, resultante de la polimerización del clorato de vinilo.

Como características físicas importantes, se puede citar su termoplasticidad que facilita grandemente la elaboración de suelas por medio de inyección.

El PVC puro presenta una elevada rigidez a temperatura ambiente, por lo tanto, en la elaboración de suelas flexibles, es necesaria la adición de plastificantes. Además la formulación de suelas de PVC debe de contener estabilizadores, lubricantes, cargas y eventualmente agentes esponjantes.

Los estabilizadores juegan un papel muy importante en el PVC, ya evitan que los rayos ultravioleta formen ácido clorhídrico y degraden la suela.

Durante el proceso de inyección de suelas de PVC, los fabricantes aplican desmoldantes en las paredes internas del molde que contiene a la suela. Si la suela no se limpia bien antes de la aplicación de adhesivo, el desmoldante que suele ser aceitoso, no permitirá que la adhesión ocurra. En el capítulo 5, se ampliará este tema.

3.6. Suelas de poliuretano.

Los poliuretanos (PU) son polímeros constituidos de grupos uretanos, provenientes de la reacción química entre un isocianato con algún otro producto que contenga grupos hidrófilos, tales como alcoholes, glicoles, poliésteres y otros.

En el área de suelas, se utiliza el denominado poliuretano expandido, con alta flexibilidad y resistencia a la abrasión.

Existen básicamente dos tipos de poliuretano para la fabricación de suelas; cada uno con sus propiedades típicas.

El primero de ellos obedece a un sistema a base de poliéster que presenta mejores propiedades físicas, mayor resistencia a los rayos ultravioleta, al oxígeno, etc. Estas suelas se prefieren en calzados deportivos tipo tenis, botas militares, calzados de seguridad, etc.

El segundo es un sistema a base de poliéter, que presenta una mayor resistencia al frío, y se usa generalmente en suelas de grandes dimensiones.

El proceso de inyección de suelas de poliuretano expandido utiliza dos productos almacenados en lugares diferentes, un polioli poliéster (o polioli poliéter) y un prepolímero de isocianato.

La reacción entre el polioli y el isocianato es inmediata y exotérmica, ya que libera calor. La mezcla entre el prepolímero y el polioli se efectúa en una cámara especial dentro del equipo de inyección, y de allí es transportado hacia los moldes de las suelas, en donde la reacción termina. Existe la posibilidad de que todos los demás componentes del calzado se inyecten a la suela, y se elimine así todo proceso de adhesión con adhesivos.

4o. Adhesivos de poliuretano.

4.1. Definición.

Al igual que una suela sintética, todo adhesivo tiene como componente principal a los polímeros. El adhesivo de poliuretano está formado por un número cualquiera de polímeros de uretano, al igual que las suelas de poliuretano mencionadas en el capítulo 4. La diferencia de los polímeros de uretano radica en los componentes químicos que lo forman.

La característica principal de un polímero de uretano es que es un elastómero, es decir, que puede volver a su forma inicial después de sufrir un estiramiento.

Los polímeros de uretano que se utilizan en adhesivos son aquellos que presentan un alto peso molecular, excelentes propiedades de elastómeros y solubilidad en solventes orgánicos. Comparados con muchos tipos de polímeros de uretano, estos son los que presentan la mejor opción económica y técnica, así como los procesos de fabricación más fáciles. Estos polímeros de uretano están formados por una gran cadena linear de uretanos e hidróxidos, denominados hidroxil poliuretanos (5, pp. 27).

En el mercado guatemalteco, se conocen a nivel industrial como adhesivos de poliuretano y comercialmente como "pegamento blanco".

4.2. Tipos de adhesivos de poliuretano.

Además de los adhesivos de poliuretano base solvente, existen también base acuosa; estos representan la tecnología más avanzada que existe en adhesivos para calzado utilizando suelas y cortes sintéticos. En el mercado guatemalteco, este tipo de adhesivos aun no ha sido introducido, pero la técnica de aplicación de estos adhesivos es muy parecida a la de los adhesivos de poliuretano base solvente. Los adhesivos base solvente pueden ser de uno o dos componentes. Los de dos componentes, están formados por poliuretano de baja velocidad de cristalización, por lo tanto, poseen baja resistencia inicial en la adhesión, por lo que requieren del segundo componente, que es un adhesivo reticulante a base de isocianatos que poseen alta resistencia al final del proceso de adhesión. Posee excelente resistencia al agua, a los productos químicos y a temperaturas elevadas.

El adhesivo de dos componentes presenta desventajas frente a los adhesivos de uno solo, ya que éstos no requieren de reticulante, no necesita de mezcla, están listos para aplicar del recipiente al calzado, pueden ser aplicados con máquinas, la viscosidad es estable, hay menos desperdicio y no sufre de endurecimiento en el recipiente en un intervalo corto de tiempo. (4, pp. 231)

En el mercado guatemalteco, el adhesivo de un solo componente es el más utilizado; generalmente los proveedores de este adhesivo venden el paquete completo: limpiadores, halogenadores, primarios y adhesivos.

4.3. Comparación con adhesivos de policloropreno.

Cuando se utilizan suelas de cuero natural o de hule vulcanizado en la fabricación de calzado, generalmente se recurre al uso del adhesivo de policloropreno. Este adhesivo es conocido en el mercado de calzado como cemento de contacto o pegamento amarillo; posee muy buenas propiedades de adhesión, pero cuando las suelas son hechas con materiales sintéticos, como se menciona en el capítulo 4, este adhesivo es inadecuado, ya que no presenta resultados óptimos en la adhesión.

En la tabla #2, se presenta una comparación de los adhesivos de policloropreno frente a los de poliuretano base solvente.

4.4. Recomendaciones sobre el manejo y almacenamiento del adhesivo de poliuretano base solvente.

Como toda materia, el adhesivo tiene un tiempo de vida en el cual puede desarrollar todas las características que posee. Pasado este tiempo de vida, el adhesivo empieza a perderlas, y si es utilizado, los resultados pueden causar serios problemas.

El tiempo de vida que se recomienda para un adhesivo de poliuretano base solvente es de tres meses, en su envase original. La forma en que sea almacenado puede acortar este tiempo de vida, por ejemplo, si el envase que contiene el adhesivo se mantiene abierto, los solventes se evaporarán; esto provocará un aumento en la viscosidad del mismo, y si existe contaminación ambiental en los alrededores, el adhesivo también puede contaminarse y perder sus propiedades de adhesión.

Se recomienda que el almacenamiento se realice atendiendo a los cuidados:

- ✓ Que en el recipiente (galones, toneles o cubetas) se indique la fecha de fabricación o de compra.
- ✓ Que se almacene en un local cubierto, sin humedad y a una temperatura de 20 a 25 °C.
- ✓ Revisar que los recipientes estén completamente sellados antes y después de cada uso
- ✓ No deben de mantenerse embodegados por mas de 6 meses, pues se podría registrar una sedimentación o separación de fases.
- ✓ Debe rotarse el inventario existente.

El manejo de este adhesivo debe de realizarse con mucho cuidado, ya que posee solventes orgánicos que son tóxicos al ser inhalados o absorbidos por la piel. Por lo que se recomienda:

- a. Todo envase que sirva como intermedio, debe de estar completamente limpio; con esto, evitara contaminación en el adhesivo o contacto con alguna materia extraña que provoque en el una reacción química peligrosa.
- b. Debe de evitarse el contacto con la piel; si esto ocurre, debe dejar que se seque sobre la piel y luego desprenderlo con sumo cuidado. Lavarse varias veces con jabón y utilizar una crema humectante para la piel.
- c. El local de trabajo debe de estar ventilado para evitar la acumulación de vapores tóxicos.
- d. No se debe de fumar en las áreas en donde el adhesivo se encuentra, ya que los vapores pueden provocar un incendio.
- e. Es recomendable tener en el área de trabajo extintores con polvo químico, espuma o dióxido de carbono, en un número necesario al volumen de trabajo en ese local.
- f. Debe de tenerse sumo cuidado con el uso de los hornos o lámparas utilizadas en la reactivación, ya que son fuentes emisoras de calor, y pueden provocar un incendio.

5o. Recomendaciones para adherir suelas sintéticas base: PVC, TR y hule prensado con adhesivos de poliuretano base solvente.

5.1. Recomendaciones generales.

Conozca a su proveedor de suelas y siéntase con libertad de preguntar acerca de los materiales que la componen. Esto le ayudará a escoger el adhesivo correcto, y el pretratamiento que la suela requerirá.

Materiales, cuya composición química está basada en TR, PVC, PU, hule prensado y nylon, deben de ser adheridos con adhesivos de PU. (1, pp 14)

Materiales, cuya composición esta basada en EVA y cuero natural, pueden ser adheridos con adhesivos de policloropreno.

Sobre un material poroso, es recomendable usar un adhesivo más viscoso y de tiempo de secado rápido, para evitar penetración excesiva del adhesivo. O también puede usar un adhesivo bajo de viscosidad llamado "primario", que ayudará a tapan el poro y luego puede aplicar el adhesivo que generalmente usa. (4, pp. 235)

5.2. Preparación de superficies.

En la industria de calzado, existen básicamente 2 tipos de preparación de superficies: la preparación química y la preparación mecánica. (4, pp. 214)

5.2.1 Preparación química.

Los métodos de preparación de suelas y capelladas con productos químicos presentan como ventaja, el no disminuir la resistencia de los materiales. Los métodos más comunes son: la limpieza con solvente y la aplicación de halogenador (4, pp. 214)

Todas las suelas sintéticas que se mencionan en este trabajo requieren de una o ambas preparaciones, que depende de la calidad del pegado que se requiera y de los substratos en cuestión.

a) Limpieza con solvente.

La limpieza de las suelas es indispensable para lograr una buena adhesión. El objetivo de esta limpieza es eliminar residuos de desmoldantes, polvo, grasa y todo aquello que repela al adhesivo y concluya en una inadecuada adhesión. (4, pp. 215)

Los limpiadores recomendados son aquellos que consisten en una mezcla de 2 ó 3 solventes, tales como: cetonas, tolueno, hexano, xileno, etc.

El procedimiento recomendado para la adecuada limpieza de una suela es utilizar un limpiador base solvente y un medio limpiador (wipe o algodón).

El medio limpiador debe empaparse con el solvente limpiador y aplicarse sobre la suela y ejercer presión y llevarlo en una sola dirección: talón a punta o punta a talón para no llevar impurezas de lado a lado. El medio limpiador debe cambiarse constantemente para no saturarlo de impurezas, y provocar más contaminación que limpieza.

Las suelas que requieren una limpieza profunda son las formadas por: TR, PVC, PU y hule vulcanizado. (1, pp. 15)

Después de la limpieza, debe darse a la suela un tiempo de secado, que permita la evaporación del solvente y evite que este interfiera en el proceso de adhesión. Se recomienda dejar un intervalo de tiempo de 5 a 10 minutos. Si las suelas son adheridas en procesos en serie que provocaran que la suela quede en contacto nuevamente con impurezas ambientales, se recomienda voltearlas, de tal manera que la superficie ya tratada quede protegida.

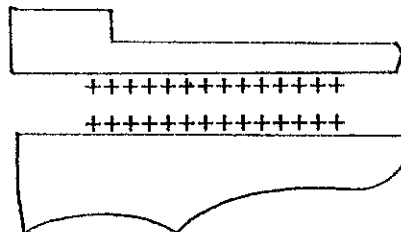
b) Aplicación de halogenador.

El halogenador se conoce comúnmente como clorinador; este es un compuesto químico formado por dos partes una líquida y una sólida. La líquida generalmente es un solvente orgánico y la sólida es un polvo blanco con fuerte olor a cloro (ácido tipo isocianuro). Ambos componentes deben premezclarse en la proporción que su proveedor recomiende; generalmente se recomienda utilizar 3% de ácido disuelto en un 97% de solvente. Esta solución tiene poco tiempo de vida, por lo que al fabricante de calzado se le recomienda que prepare la cantidad que le será útil en un proceso de preparación de suelas no mayor de 4 a 5 horas. Después de transcurrido este tiempo, es recomendable desechar el resto y hacer una nueva solución.

La aplicación de clorinador se recomienda sobre suelas de hule termoplástico (TR), hule vulcanizado (microcelular, neolite, etc.). (4, pp. 216)

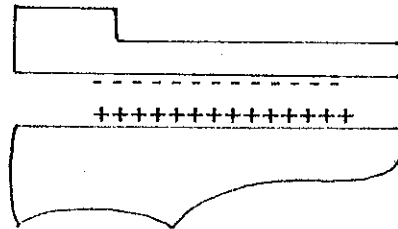
Algunas suelas como las mencionadas anteriormente poseen cargas electrostáticas positivas en su superficie, y la película del adhesivo aplicada sobre el corte también tiene cargas positivas; si suela y corte son adheridas, se tendrá una pésima adhesión, atendiendo al principio de que cargas iguales se repelen. El objetivo del clorinador es invertir la polaridad de la película de adhesivo aplicada en la suela, y la hacen negativa, por lo que al unirla con la superficie positiva de la película del adhesivo del corte, se obtendrá una excelente unión, puesto que cargas diferentes se atraen. (4, pp. 217) Este ejemplo esquemático le ayudará a entender este proceso de adhesión:

Sin clorinar



Suela
Corte

Al clorinar



Suela
Corte

El clorinador no debe de permanecer sobre la suela por más de 4 horas, ya que puede provocar una reacción de oxidación (1, pp. 217). Debe de aplicarse después de limpiar la suela, con brocha o pincel y sobre toda la superficie de la misma. Los pinceles, brochas o recipientes en donde la mezcla se realiza no deben de ser metálicos, ya que el clorinador posee un carácter ácido que se descompone en presencia de metales; es recomendable mezclar en recipientes plásticos o de vidrio. (4, pp. 218)

El clorinador debe de permanecer sobre la suela por un espacio de 2 a 3 minutos, para que penetre en la misma y el solvente en exceso evapore, luego puede aplicarse el adhesivo.

5.2.2 Preparación mecánica.

Consiste en la preparación de las superficies por medios mecánicos; los más conocidos son: cardar, frezar y lijar.

Este procedimiento primero busca remover de los substratos a ser adheridos (suela y capellada) los agentes inhibidores de la adhesión como las grasas, polvo, materiales oxidantes, materiales de poca resistencia mecánica, colorantes, etc. Y segundo, aumentar el área de contacto de las superficies, ya que se logra una mejor adhesión cuando las mismas no son totalmente lisas, sino más bien rugosas. (4, pp. 219)

El cardado se aplica frecuentemente a la capellada con el fin de retirar impurezas del borde del corte que será unido a la suela. El medio que se utiliza es una especie de escoba con hebras metálicas; existe maquinaria específica para cardar una suela; las hay automáticas o semi automáticas. En esta última, el operario debe tener destreza para cardar las suelas, ya que de lo contrario puede lastimarse la suela de manera irreversible y dañaría la calidad del producto final. Un mal uso también puede reducir la flexibilidad y la resistencia de corte de la capellada. Los efectos negativos que puede causar un mal cardado pueden minimizarse, si el operador reconoce que:

- a. Una mayor presión ejercida del corte hacia la escobilla, hace que una cantidad mayor de material sea cardado.

Si la velocidad de rotación de la escobilla es muy alta, el trabajo no será de calidad, ya que la cantidad de material cardado será excesiva. Es recomendable que la velocidad de rotación de la escobilla no rebase las 3000 r.p.m. Es recomendable cardar todas las capelladas formadas por cuero natural o sintético, pieles con colorantes, gamuzones, telas gruesas, y suelas como hule vulcanizado (microcelular, neolite, etc.). (4, pp. 221)

Además del cardado, también se aplica el lijado, que se recomienda para materiales frágiles y permite obtener superficies adecuadas para la adhesión. La lija acumula rápidamente en su superficie residuos de fibras, por lo que debe cambiarse con frecuencia. Es recomendable utilizar lijas con granos finos, ya que un espesor de grano no apropiado puede causar desfibramiento en el corte provocado por el calor que se genera con la fricción entre lija y suela o capellada.

El fresado se aplica generalmente a todas las suelas de hule que no resisten el cardado; el fresado proporciona un trabajo más fino y preciso que el lijado. Al igual que en el cardado, el operador debe realizar el proceso con suma destreza, ya que puede provocar desfibramiento en el sustrato. (4, pp. 223)

5.3. Aplicación del adhesivo.

Existen varios métodos de aplicación de adhesivo sobre suelas y cortes; sin duda el más antiguo y común es el de aplicarlo manualmente con pinceles o brochas. Este sistema de aplicación requiere de mucha experiencia; se recomienda que la aplicación de adhesivo sobre suelas sea hecha con pinceles redondos de cerdas cortas, que el operador emplee la misma presión al aplicarlo y que utilice una cantidad similar cada vez que lo aplica. Pequeñas porciones de adhesivo deben ponerse en el contorno de la suela, y con el pincel se distribuyen en orillas y centro; no es recomendable que el adhesivo se ponga en el centro de la suela y de allí se distribuya hacia las orillas, ya que puede quedar una capa muy gruesa en el centro que puede dar problemas al reactivar y adherir. (4, pp. 238)

Al aplicar sobre capelladas, se recomienda utilizar pinceles chatos o escobillas de cerdas cortas; debe cuidarse la aplicación para obtener un trabajo limpio, sin desperdicios y pérdidas innecesarias de tiempo.

Inmediatamente después de utilizados los pinceles y brochas, deben limpiarse con solventes que sean afines al adhesivo, ya que si se utiliza cualquier solvente y no se deja secar bien, el aplicador puede contaminar al adhesivo en la próxima oportunidad de uso.

Cuando el adhesivo no es aplicado manualmente sino con maquinaria, se recomienda dar a su proveedor de adhesivos todas las características de la máquina como, marca, tipo, velocidad máxima y mínima de aplicación, y si el manual de la misma recomienda ya algunas características que el adhesivo debe cumplir, principalmente el rango de viscosidad.

5.4. Secado del adhesivo.

Después de la aplicación de adhesivo a las suelas y capelladas, es necesario darle al adhesivo un tiempo de secado en el que se evaporaran los

solventes del mismo y quedará únicamente una película compacta, transparente y sin pegajosidad.

Cada tipo de adhesivo tiene un tiempo de secado diferente, dependiendo del tipo y porcentaje de solventes que se está utilizando. Pueden agruparse ventajas y desventajas generales para adhesivos de tiempo de secado rápido y lento.

5.4.1 Adhesivos de secado lento.

Ventajas :

- Promueven un mejor contacto entre adhesivo y sustrato.
- Secado uniforme.
- Disminuye la tendencia de formación de una película de agua sobre la película de adhesivo en días muy húmedos.
- Dan buenos resultados cuando se utilizan en máquinas que aplican con rodillos.
(4, pp. 243)

Desventajas:

- La velocidad de fabricación de calzado disminuye.
- Favorece la absorción del adhesivo en materiales muy porosos.
- La resistencia inicial del adhesivo es baja, ya que la fuerza de cohesión de la película es baja.
(4, pp. 243)

5.4.2 Adhesivos de secado rápido.

Ventajas:

- El tiempo de proceso se reduce.
- Se evita la penetración excesiva en materiales porosos.
- Son adhesivos con buena resistencia inicial, gracias al desarrollo de fuerzas de cohesión.
(4, pp. 244)

Desventajas:

- Cuando los materiales son poco porosos, el corto tiempo de secado no permite una buena penetración.
- La rápida evaporación de solventes favorece la contaminación ambiental, especialmente en lugares no ventilados.
- Favorece la acumulación de humedad sobre la película de adhesivo. No es recomendable utilizarlo en máquinas que utilizan rodillos en la aplicación.
(4, pp. 244)

5.5. Tiempo abierto.

El tiempo abierto se ha definido, en el capítulo 1, como el tiempo que transcurre desde la aplicación del adhesivo sobre los sustratos hasta el momento de unión de los mismos. En el caso de los adhesivos de poliuretano base solvente, este es muy corto; oscila entre 2 a 3 minutos a temperatura ambiente (25 °C) y no es en este período de tiempo cuando se ejecuta la unión, por lo que se dice que este tipo de adhesivos no posee tiempo abierto. Para que la película de este adhesivo desarrolle pegajosidad o "tack", es necesario aplicarle calor y luego se procede a unir.

5.6. Reactivación.

Inmediatamente después de la aplicación del adhesivo de poliuretano base solvente sobre la suela y el corte, se empiezan a evaporar los solventes, pasando el adhesivo de un estado líquido a formar una capa sólida, brillante y sin "tack". El proceso que genera "tack" en esta capa de adhesivo se llama reactivación, y consiste en aplicar calor a la película de adhesivo que se encuentra sobre la suela y sobre la capellada. Reactivadas estas superficies, pueden ser unidas; deben de tomarse en cuenta ciertos factores durante este proceso:

- a. El calor de reactivación debe de ser aplicado únicamente a la capa de adhesivo y no a otros materiales que no serán adheridos, ya que el calor puede variar las dimensiones o estructuras de los mismos.
- b. Entre la fuente emisora de calor y la película de adhesivo a ser reactivada, no debe de existir ningún obstáculo que interfiera con la transmisión de calor, ya que se alarga.
- c. El tiempo necesario para la reactivación.
- d. Si la temperatura de reactivación sobrepasa los 120 °C , el adhesivo se descompone y la adhesividad disminuye. Cuando la temperatura de reactivación es muy alta, se forman burbujas sobre la película del adhesivo
- e. La aplicación de calor debe de ser uniforme sobre toda la superficie. Con ello se logra que la reactivación ocurra en toda la suela al mismo tiempo, y toda la suela quedará adherida.
- f. Suela y corte deben de ser reactivadas en tiempos iguales; ambas deben de desarrollar la misma capacidad de adhesión.

(4, pp. 249)

Existen mucha maquinaria que de forma automática o semi automática reactiva diferentes tipos de suelas, según el calzado que se va a fabricar. La reactivación también puede ser manual, pero depende de la destreza que el operario tenga, ya que su experiencia le indicará en qué tiempo el adhesivo está listo para ser adherido. El equipo que generalmente se utiliza para la reactivación

manual son hornos de resistencias y lámparas emisoras de luz infrarroja. El primero de ellos da muy buenos resultados, ya que reactiva de forma uniforme toda la superficie del sustrato; el segundo tipo puede dar problemas por exceso de calor, ya que depende de la distancia que se deje entre luz y sustrato.

En el caso de las suelas sintéticas, la reactivación debe de ser hecha con mucho cuidado, ya que el calor puede deformar la suela o alterar las dimensiones de las mismas.

5.7. Fijación.

La operación de unir suela y corte se denomina fijación. Es una operación que requiere de mucha habilidad, ya que ambas partes deben de ser unidas correctamente en la primera oportunidad. Si la unión es errónea, el desprendimiento de los substratos causa serios daños en la película del adhesivo, por lo que será necesario que suela y capellada vuelvan a ser preparados nuevamente, utilizando todos los procedimientos mencionados con anterioridad.

El proceso de fijación debe de ser ejecutado inmediatamente después de la reactivación. (4, pp. 254)

5.8. Prensado.

Después de fijado el corte a la suela, debe de ejercerse presión sobre la unión para hacerla más resistente. Para que la operación de prensado sea efectiva, deben de tomarse en cuenta tres factores:

- a. Cantidad de presión.
- b. Tiempo de prensado.
- c. Distribución de la presión.

5.8.1 Cantidad de presión.

La presión que se ejerza debe de ser tal que provoque la unión perfecta de las películas de adhesivo de la suela y el corte. La misma no debe de ser excesiva, ya que provocaría la ruptura de las películas, deformación de la suela y del corte. En suelas de materiales rígidos como el cuero natural, la presión debe de ser mayor a aquella que se aplica en suelas flexibles como las sintéticas. El rango de presión recomendada para estas últimas es de 20 a 40 N/cm² o 29 a 58 lbs/plg². (4, pp. 255)

5.8.2 Tiempo de prensado.

Para que las películas del adhesivo queden unidas firmemente, además de una presión adecuada, se requiere que ésta sea aplicada en tiempo de presión preciso. Este tiempo nunca debe de ser menor a 10 segundos, pues éste es el

tiempo mínimo que se requiere para una buena unión entre las películas. Este tiempo suele variar de acuerdo con la dureza de los materiales, así, a menor dureza menor tiempo. (4, pp. 256)

Para facilitar el volumen de producción, se recomienda aumentar la presión y disminuir el tiempo a 6 segundos, pero debe de tomarse en cuenta que si el proceso no es controlado efectivamente, se corre el riesgo de romper la película de adhesivo, expandir la suela y obtener una pésima adhesión.

5.8.3 Distribución de la presión.

Para que exista una perfecta unión entre las películas de adhesivo de la suela y el corte, es necesario que la presión que la máquina aplica sea distribuida uniformemente.

Esto se facilita utilizando "camas" u "hormas", que son hechos con la forma del zapato, e introducidos en el calzado por la presión que se aplica sobre él.

Para verificar que existe una buena distribución de presión en el prensado de determinado tipo de suelas, se realiza el test del papel pasante o carbón. Este consiste en hacer un "sandwich" de papel bond blanco papel pasante papel bond blanco, que se coloca entre zapato y suela, y en seguida se realiza el prensado. Las hojas de papel bond representan las películas de adhesivo de la suela y el corte. Al terminar el prensado, las hojas deben de tener impresas marcas de la suela en toda el área con igual intensidad; de lo contrario, se concluye que la presión no está bien distribuida y debe de calibrarse nuevamente la prensa y repetir la prueba hasta obtener el resultado deseado. Esta prueba es muy eficaz, rápida y fácil de realizar, por lo que se recomienda en todos los trabajos de adhesión de calzado. (4, pp. 259)

5.9. Operaciones finales.

Después del prensado, existen dos operaciones que pueden ser críticas para la adhesión:

- a. *Lijado del acabado:* este se aplica para darle al calzado una mejor presentación, sin embargo, es crítico ya que puede causar calor y esfuerzo mecánico.
- b. *Extracción de la horma del calzado:* esto requiere de un gran esfuerzo mecánico. Para evitar que estas operaciones causen problemas, se recomienda aumentar al máximo posible el intervalo de tiempo entre el prensado y estas operaciones. Hay que utilizar adhesivos de mayor resistencia inicial a temperaturas y esfuerzos mecánicos, y evitar que el lijado provoque rupturas en la adhesión de la suela y el corte.

6o. Problemas de adhesión.

Las superficies adheridas, suela y corte, adquieren valores definitivos de resistencia 72 horas después de adheridos. Por lo tanto, se recomienda que no se realicen pruebas de resistencia antes de este período. (4, pp.261)

6.1. Adhesión insuficiente del corte.

Esto ocurre cuando la película del adhesivo se separa completamente del corte y permanece fija a la película de la suela. Puede ser causado por:

- a. *Preparación insuficiente del corte:* un cardado o lijado deficiente.
- b. *Absorción excesiva del adhesivo:* aplicar un primario, que evite la penetración excesiva del adhesivo.
- c. *Penetración insuficiente del adhesivo:* utilizar un adhesivo de secado más lento. Limpiar el corte principalmente, si es piel grasosa la que se está utilizando, ya que puede haber migración de grasa hacia la superficie.

6.2. Adhesión insuficiente de la suela.

Esto ocurre cuando la película de adhesivo se separa de la suela. Puede ser causado por:

- a. *Frezado, lijado o cardado insuficiente:* debe de realizarse con mucho cuidado y destreza. El tiempo que transcurre entre la preparación de la superficie y la aplicación del adhesivo debe de ser lo menos posible; de lo contrario las suelas, pueden absorber impurezas del ambiente y causar problemas de adhesión.
- b. *Falta de limpieza con solventes:* podría asegurarse que si una suela sintética no se limpia con solventes, no se adherirá al corte. Esto es porque todas llevan dentro de su formulacion y fabricación desmoldantes, aceites y colorantes que repelen al adhesivo.
- c. *Falta de halogenador:* para la adhesión de suelas sintéticas, el uso de clorinador es sumamente importante, ya que conduce a una excelente

adhesión. No es recomendable utilizar el clorinador como limpiador, ya que éste no elimina completamente las grasas e impurezas.

6.3. Adhesión insuficiente de las películas de adhesivo.

Este problema ocurre, porque corte y suela conservan sus películas de adhesivo, y no se registra ningún tipo de unión entre ellas. Puede ser causado por:

- a. *Mucho espacio de tiempo entre la aplicación del adhesivo, la fijación y el prensado:* no es recomendable reactivar, fijar y no aplicar presión en un período inmediato, ya que las películas de adhesivo no podrán entrelazarse.
- b. *Tiempo de reactivación insuficiente:* comprobar cómo se está aplicando calor (temperatura, tiempo, uniformidad).
- c. *Presión insuficiente o mal distribuida:* verificar con frecuencia el funcionamiento de la prensa.
- d. *El corte tiene muchos dobleces:* esto provocará una adhesión parcial.
- e. *La piel del corte es muy grasosa:* utilizar catalizador en el adhesivo de poliuretano.

6.4. Ruptura de la cohesión de las películas del adhesivo.

La ruptura de la cohesión se caracteriza por la presencia de filamentos entre las películas de adhesivo. Puede ser causado por:

- a. *Una película de adhesivo muy gruesa:* revisar los instrumentos de aplicación en uso; si no son adecuados, deben cambiarse. Revisar el proceso de aplicación.
- b. *Muy poco tiempo de prensado:* comprobar el tiempo requerido con base en otros procesos con buenos resultados.
- c. *Presión muy elevada:* disminuir la presión y aumentar el tiempo de prensado.
- d. *Insuficiente tiempo de secado del adhesivo:* determinar si la humedad ambiental del lugar de trabajo no es muy elevada, ya que ésta alarga el tiempo de secado.

- e. *Calor de reactivación excesivo*: alargar el tiempo y disminuir la temperatura.
- f. *Exposición del calzado a temperaturas muy elevadas*: si el calzado será utilizado en las costas o estará expuesto en vitrinas que reciben luz solar, debe de utilizarse catalizador para que aumente la temperatura del punto de reblandecimiento del adhesivo de poliuretano para retardar su reactivación.

6.5. Delaminación o rompimiento de las fibras del corte.

Este tipo de desfibramiento indica una buena adhesión; el corte puede desfibrarse por:

- a. *Mala calidad*: las fibras de la piel con las que se forma el corte son muy delgadas o no son resistentes al desgarre.
- b. *Exceso de cardado, frezado o lijado*: puede debilitar las fibras de la piel del corte.

6.6. Delaminación o rompimiento de las fibras de la suela.

Este tipo de desfibramiento indica una buena adhesión; en las suelas sintéticas suele ocurrir porque el polímero no es un elastomero, por eso no resiste a los esfuerzos que se le aplican. Por esa razón, si requiere que el calzado tenga un tiempo de vida largo, es necesario utilizar una suela con mayor resistencia a la elongación.

7o. Sustratos en donde el adhesivo de poliuretano puede ser utilizado satisfactoriamente y su proceso de aplicación.

7.1. Sustratos recomendados.

El adhesivo de poliuretano base solvente de un solo componente, puede ser aplicado sobre varios materiales que se utilizan en la fabricación del calzado. No sólo para adherir suelas y corte, sino también suelas y entresuelas, plantillas, etc.

En la tabla #3, se recomiendan los sustratos en los cuales el poliuretano da una buena adhesión.

7.2. Pretratamiento y aplicación recomendada.

En la tabla #4, se hace una recomendación sobre el pretratamiento recomendado para suelas, ya sea con preparación mecánica, química o ambas. También se hace referencia al uso o no de un primario.

Conclusiones.

1. Por medio del presente manual de consulta se, traslada el concepto de tipos de adhesivos disponibles en el mercado de Guatemala, en forma breve y comprensible a fabricantes de calzado.
2. Es indispensable que las recomendaciones sobre procesos de aplicación de adhesivos de poliuretano no sea dada al azar, ya que esto provoca fallas en el resultado de la unión suela-corte, y hace surgir dudas e inquietudes para saber por qué no funcionó, qué pudo haber afectado y evitar que se suponga que el adhesivo es el responsable; así se evita pérdida de tiempo y desperdicio en el usuario y el fabricante de adhesivo.
3. La industria de calzado de Guatemala está atravesando una crisis de competitividad ante otros fabricantes extranjeros. Es indispensable que la tecnificación de los usuarios de adhesivos esté al alcance de los mismos, a fin de lograr con ello mejoras substanciales en su productividad, costos y desarrollo de productos de alta calidad, para que puedan competir con los productos extranjeros.

Recomendaciones.

1. Se debe incentivar la investigación y documentación de aplicaciones de diversos adhesivos en la industria guatemalteca, que ofrezca al industrial una base de datos sobre la cual pueda consultar y resolver problemas en la utilización de dichos adhesivos.
2. Hay que promover una investigación o un trabajo de tesis sobre adhesivos de poliuretano para calzado base acuosa, ya que ésta es una tecnología que a corto plazo podría ofrecerse en Guatemala, debido a las regulaciones de contaminación al medio ambiente.
3. Es necesario fomentar talleres de capacitación a nivel técnico orientados a conocer las nuevas tecnologías en el uso de adhesivos para calzado; esta continua actualización permitirá a supervisores y operarios de planta optimizar sus procesos de producción.

Vertical text on the left edge, possibly a page number or header.

Vertical text on the left edge, possibly a page number or header.

Vertical text on the left edge, possibly a page number or header.

ANEXOS

Tabla #0

Estructuras químicas de polímeros utilizados en la fabricación de adhesivos.

NOMBRE	MONOMERO	POLIMERO
Hule Natural NR	$\begin{array}{c} \text{CH}_3 \\ \\ \text{H} - \text{C} = \text{C} - \text{C} - \text{C} - \text{H} \\ \quad \\ \text{H} \quad \text{H} \end{array}$ <p>cis-1-4-polisopreno</p>	$\begin{array}{c} \text{CH}_3 \quad \text{H} \quad \text{CH}_3 \quad \text{H} \\ \quad \quad \quad \\ \dots - \text{C} = \text{C} - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{C} = \text{C} - \text{C} \dots \\ \quad \quad \quad \\ \text{H}_2 \quad \quad \quad \text{H}_2 \end{array}$
Hule Estireno Butadieno SBR	$\text{CH}_2 = \text{CH}_2$ <p>Estireno</p> $\begin{array}{c} \text{H} \quad \text{H} \quad \text{H} \quad \text{H} \\ \quad \quad \quad \\ \text{C} = \text{C} - \text{C} = \text{C} - \text{H} \\ \quad \\ \text{H} \quad \text{H} \end{array}$ <p>Butadieno</p>	$\begin{array}{c} \text{H} \quad \text{H} \quad \text{H} \quad \text{H} \quad \text{H} \quad \text{H} \quad \text{H} \\ \quad \quad \quad \quad \quad \quad \\ \dots - \text{C} - \text{C} - \text{C} - \text{C} = \text{C} - \text{C} - \text{C} - \text{C} - \dots \\ \quad \quad \quad \quad \quad \quad \\ \text{H} \quad \text{H} \quad \text{H} \quad \text{H} \quad \text{H} \quad \text{H} \quad \text{H} \end{array}$
Hule Policloropreno (neopreno) NR	$\begin{array}{c} \text{H} \quad \text{Cl} \quad \text{H} \quad \text{H} \\ \quad \quad \quad \\ \text{C} = \text{C} - \text{C} = \text{C} - \text{H} \\ \quad \\ \text{H} \quad \text{H} \end{array}$ <p>Cloropreno</p>	$\begin{array}{c} \text{H} \quad \text{H} \quad \text{Cl} \quad \text{H} \quad \text{H} \quad \text{H} \quad \text{Cl} \quad \text{H} \\ \quad \quad \quad \quad \quad \quad \quad \\ \dots - \text{C} - \text{C} = \text{C} - \text{C} - \text{C} - \text{C} = \text{C} - \text{C} - \text{C} \dots \\ \quad \quad \quad \quad \quad \quad \quad \\ \text{H} \quad \text{H} \quad \text{H} \quad \text{H} \quad \text{H} \quad \text{H} \quad \text{H} \end{array}$
Hule Poliuretano PU	$\text{O} = \text{C} - \text{N} - \text{R} - \text{N} = \text{C} = \text{O}$ <p>Diisocianato</p> <p>R: HO-P-OH</p> <p>Mat. polimérico hidroxilado</p>	$\dots - \text{O} - \text{C}(\text{O}) - \text{NH} - \text{R} - \text{NH} - \text{C}(\text{O}) - \text{O} - \dots$
Resina Fenólica, fenol formaldehido	$\begin{array}{c} \text{OH} \\ \\ \text{C}_6\text{H}_5 \end{array}$ <p>Fenol</p> $\begin{array}{c} \text{O} \\ \\ \text{H} - \text{C} - \text{H} \end{array}$ <p>Formaldehido</p>	$\dots - \text{C}(\text{H}_2) - \text{C}_6\text{H}_3(\text{OH}) - \text{CH}_2 - \text{O} - \text{CH}_2 - \text{C}_6\text{H}_3(\text{OH}) - \text{C}(\text{H}_2) - \dots$
Poliamidas	$\text{HOOC} - (\text{CH}_2)_4 - \text{COOH}$ <p>Acido Acetico</p> $\text{H}_2\text{N} - (\text{CH}_2)_6 - \text{NH}_2$ <p>Hexametilenodiamina</p>	$\dots - \text{O} - \text{C}(\text{O}) - (\text{CH}_2)_4 - \text{C}(\text{O}) - \text{N}(\text{H}) - (\text{CH}_2)_6 - \text{N}(\text{H}) - \text{C}(\text{O}) - \text{O} - \dots$
Poliester	$\begin{array}{c} \text{OH} \quad \text{OH} \\ \quad \\ \text{C} = \text{C} - \text{H} \\ \\ \text{H} \end{array}$ <p>Etilen Glicol</p> <p>Acido dicarboxilico</p> $\text{HOOC} - (\text{CH}_2)_4 - \text{COOH}$	$\dots - \text{C}(\text{H}) = \text{C}(\text{H}) - \text{O} - \text{C}(\text{O}) - (\text{CH}_2)_4 - \text{C}(\text{O}) - \dots$
Polivinil Acetato PVA	$\begin{array}{c} \text{H} \quad \text{O} \\ \quad \\ \text{H} - \text{C} - \text{C} - \text{H} \\ \quad \\ \text{H} \quad \text{O} - \text{C} = \text{CH}_2 \end{array}$ <p>Acetato de Vinilo</p>	$\begin{array}{c} \text{H} \quad \text{H} \quad \text{H} \quad \text{O} \quad \text{C} \quad \text{CH}_3 \\ \quad \quad \quad \quad \quad \\ \dots - \text{C} - \text{C} - \text{C} - \text{C} - \text{O} - \text{C} - \text{O} - \text{C} - \text{O} - \dots \\ \quad \quad \quad \quad \quad \\ \text{O} \quad \text{H} \quad \text{H} \quad \text{O} \quad \text{C} - \text{CH}_3 \end{array}$

Tabla # 1

Propiedades de algunos polímeros utilizados en la formulación de suelas.

PROPIEDAD	POLIMERO							
	NR	CR	PU	SBR	POLI-AMIDAS	POLI-ESTER	PVA	EVA
Resistencia a la tracción	MB	MB	OP	B	OP	MB	RE	RE
Elongamiento	OP	B	OP	MB	B	B	RE	B
Resistencia a la temperatura	OP	MB	MB	MB	MB	OP	RE	B
Resistencia al frío	MB	B	MB	B	MB	MB	B	B
Resistencia a altas temperaturas	B	MB	B	RE	MB	OP	RE	RE
Resistencia a la oxidación	RE	MB	OP	RE	MB	MB	---	---
Resistencia al ozono	RE	MB	OP	RE	MB	MB	---	---
Resistencia al agua	MB	MB	B	MB	MB	MB	RE	RE
Resistencia a la interperie	M	MB	B	M	OP	OP	RE	B
Fuerza de Cohesión	RE	MB	OP	M	MB	MB	B	MB
Flexibilidad	MB	MB	MB	RE	B	B	MB	OP

Descripción:

- OP: Optimo
- MB: Muy Bueno
- B: Bueno
- RE: Regular
- M: Malo

Tabla #2

Comparación de adhesivos de policloropreno (pegamento amarillo) a pegamentos de poliuretano (pegamento blanco).

POLICLOROPRENO	POLIURETANO
Conocido como cemento de contacto o pegamento amarillo	Conocido como pegamento blanco
El tiempo abierto de los mismos oscila entre 25 minutos hasta 6 días	No posee tiempo abierto
Posee buena resistencia a la humedad	Resistencia media a la humedad
No adhiere suelas con alto contenido de grasa, polímeros sintéticos y plastificantes	Adhiere suelas sintéticas a cortes de cuero natural o sintético.
El color varía de amarillo ámbar a café claro	Es transparente o presenta un leve color amarillo.
La reactivación se efectúa a temperaturas menores a 70 °C	Requiere temperaturas mayores a los 70 °C para su reactivación.

Tabla # 3.

Sustratos recomendados para lograr una buena adhesión con adhesivos de poliuretano.

MATERIAL DE LA SUELA	MATERIAL DEL CORTE O CAPELLADA		
	Cuero	P.V.C	Poliuretano
Hule Vulcanizado	positivo	positivo	positivo
Hule Natural	positivo	positivo	positivo
Poliuretano	positivo	positivo	positivo
P.V.C	positivo	positivo	positivo
T.R	positivo	positivo	positivo
EVA Exapandido	positivo	positivo	positivo

Nota: para aumentar la adhesión del EVA, se recomienda utilizar un primario de policloropreno, y después se aplica el adhesivo de poliuretano.

Tabla # 4.

Pretratamiento de suelas recomendadas para utilizar el adhesivo de poliuretano.

SUBSTRATO	PREPARACION MECANICA	PREPARACION QUIMICA		USO DE PRIMARIO
		LIMPIEZA	HALOGENACION	
Neolite/Hule Vulcanizado	Fresado o lijado	No es indispensable	Base solvente	No es indispensable
Cuero Natural	Cardado o fresado	No aplicable	No aplicable	No es indispensable
PU	Fresado o lijado	Con solvente	No aplicable	No es indispensable
PVC	No aplicable	Con solvente	No aplicable	No es indispensable
Hule Natural	Fresado o lijado	Con solvente	Base solvente	No es indispensable
TR	No aplicable	Con solvente	Base solvente	No es indispensable
EVA	Fresado o lijado	No aplicable	No aplicable	Favorece la adhesión
Hule microcelular	Fresado o lijado	No aplicable	No aplicable	Favorece la adhesión
Hule microporoso	Fresado o lijado	No aplicable	No aplicable	Favorece la adhesión
Capellada de nylon	No aplicable	No aplicable	No aplicable	Favorece la adhesión
Capellada de tela	No aplicable	No aplicable	No aplicable	Favorece la adhesión
Capellada de vynil o PVC	Fresado o lijado	Con solvente	No aplicable	Favorece la adhesión

Bibliografía.

1. DOLLHAUSEN, Manfred. **"Adhesivos modernos para suelas de calzado: características y métodos de prueba"**. Alemania: Bayer, VIII convención nacional de fabricantes de adhesivos en la Paz, Baja California. s.p.i. 1982. pp.1-23.
2. DOLLHAUSEN, Manfred. **"Polyurethane adhesives based on Baycoll, Desmocoll and Desmodur"**. Alemania: Bayer y Mobay Chemical Corporation. s.p.i. s.f. pp. 1-8, 16-23.
3. HOUWUINK R. et. al. **"Enciclopedia de la Química Industrial"**. Tomo 3. España: s.p.i. 1978. pp. 22-30, 542-543.
4. POHLMANN, Rogério et. al. **"Manual de adhesivos para la industria de calzado"**. Brasil: H.B. Fuller Company. s.p.i. 1978. pp. 2-53, 13-121, 173-283.
5. SKEIST, Irving. **"Handbook of adhesives"**. Estados Unidos: A, Van Nostrand Reinhold Company, New York. s.p.i. 1977. pp. 3-92, 343-363, 446-450, 797-800.